

山西宁武地区高山湖泊全新世湖相地层划分及干海组的建立

朱大岗,孟宪刚,邵兆刚,韩建恩,余 佳,孟庆伟,吕荣平

ZHU Da-gang, MENG Xian-gang, SHAO Zhao-gang,
HAN Jian-en, YU Jia, MENG Qing-wei, LÜ Rong-ping

中国地质科学院地质力学研究所,北京 100081

Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China

摘要 通过山西宁武地区高山湖泊湖相沉积地层的浅井挖掘,在天池湖泊群一带发现了厚度大于6 m的以草炭、泥炭、粘土及砂层为主的湖相沉积物。根据实测的干海、天池和琵琶海3条剖面,将分布于高山湖盆区内的湖相地层划分为12层,层序地层显示出以干海为代表的古湖泊由浅湖→滨湖→沼泽的演化趋势。湖相沉积的¹⁴C法测年结果为10950~260 aBP,ESR法年龄测定结果为 $(9\pm 3\sim 8\pm 1)$ ka,这表明高山湖盆内湖相沉积的形成时代为全新世。根据沉积相、岩相组合等特征,结合同位素测年、孢粉分析、微体古生物鉴定等资料,首次建立了山西宁武地区高山湖泊全新世湖相沉积地层序列,并将该套地层命名为干海组。

关键词 山西宁武地区;全新世;湖泊(沼泽)沉积;干海组

中图分类号:P534.63⁺2 文献标识码:A 文章编号:1671-2552(2006)11-1303-08

Zhu D G, Meng X G, Shao Z G, Han J E, Yu J, Meng Q W, Lü R P. Holocene lacustrine deposits in mountain lakes in Ningwu, Shanxi, China and establishment of the Ganhai Formation. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25 (11):1303-1310

Abstract: More than 6 m thick mountain lacustrine deposits composed mainly of grass peat, peat, clay and sand are found around the Tianchi lake swarm in the Ningwu area, Shanxi, by pitting. According to the Ganhai, Tianchi and Pipahai stratigraphic sections, the lacustrine deposits distributed in the mountain lake district may be divided into 12 beds. Sequence stratigraphic study has revealed that the paleolakes represented by the Ganhai Lake evolved from the shallow lake→lakeshore→swamp. ¹⁴C dating and ESR dating of the lacustrine deposits give ages of 10950~260 a BP and $9\pm 3\sim 8\pm 1$ ka respectively. The results show that the age of the lacustrine deposits in the mountain lakes is Holocene. According to the characteristics of the sedimentary facies and rock association, combined with the isotope dating, sporopollen analysis and microfossil identification, the Holocene lacustrine stratigraphic sequence of mountain lakes has been established for the first time in the area and this sequence of strata is named the Ganhai Formation.

Key words: Ningwu, Shanxi; Holocene; lacustrine (swampy) deposits; Ganhai Formation

山西宁武地区地处吕梁山北段^[1],包括芦芽山、云中山和管涔山的一部分。大约在N38°50′~38°56′、E112°10′~112°16′的范围内,在宁武县城西南约20 km的东庄乡境内的分水岭

海子背山顶,平均海拔约1800 m的夷平面上,镶嵌着11个罕见的高山湖泊,其总面积达53 km²。这些湖泊以天池为首,还有元池、琵琶海、鸭子海、老师傅海和干海等湖泊,形成一个

收稿日期:2006-04-12;修订日期:2006-06-05

地质项目:中国地质调查局项目《山西宁武万年冰洞形成机制及其环境意义》(任务书编号:科[2005]005-03,工作项目编码:1212010511903)的阶段性研究成果。

作者简介:朱大岗(1951-),男,研究员,博士生导师,从事区域地质、沉积相与古环境研究。E-mail: dagangzhu@sohu.com

壮观的高山湖泊群系(图1)。这是中国黄土高原上迄今为止保存和展现在几十平方千米的高原山顶中最为完整、最为广阔的最后一块原始的高原绿洲。这些湖泊周缘湖相沉积与湖成地貌发育,为研究华北地区第四纪高山湖泊演化、气候变化、古地理变迁及第四系湖相地层划分等提供了有利的佐证^[2,3]。

近年来,笔者在开展《山西宁武万年冰洞形成机制及其环境意义》项目工作中,根据野外观测、实测湖相地层剖面和湖相沉积物的¹⁴C、ESR法等同位素测年、孢粉分析、介形类鉴定等资料,结合沉积相、岩相组合等特征,首次将该地区高山湖泊的第四系全新统湖沼相沉积地层命名为干海组(Qh'g)。

1 湖相沉积与地层层序

在宁武地区高山湖泊的沿岸分布着由湖相细砂与粘土沉积所组成的湖泊沉积,环湖分布着与湖面变化有关、由湖滨相砾石所组成的湖岸堤,而且在有的湖泊岸边还有浪蚀平台、浪蚀洞、浪蚀崖、浪蚀壁龛等侵蚀地形发育^[4]。

1.1 湖相沉积

这些高山湖泊群中及其周缘地带湖相地层十分发育。古湖泊沉积,包括浅湖相和沼泽相沉积,主要分布于天池湖群中的马营海、公海、琵琶海及已干涸的干海、老师傅海等湖泊之中。马营海、公海、琵琶海等现代湖泊仍在接受沉积,主要为淤泥、草炭、砂土、粘土堆积。

1.2 湖泊沼泽堆积

湖泊沼泽堆积主要分布于天池群湖区的现代湖泊内及其周边,如马营海、元池、干海等,现代沼泽比较繁茂。在这些湖泊周缘已干涸湖泊沉积的下部,均可见到泥炭层、草炭层等的分布。

1.3 全新统湖相地层实测剖面

本次工作中,在宁武地区高山湖泊周缘及湖岸边实测了3条湖相地层剖面,根据沉积物的特征、堆积物的位置差异、接触关系等,对实测的湖相地层进行了地层层序划分、年代学测定、生物地层划分,建立了全新统干海组(Qh'g)。

新建的干海组地层的典型地点位于天池、琵琶海及其北部的干海,干海组地层主要分布于湖岸边及其周缘地势低洼处(图1)。干海组实测剖面出露的总厚度为6.21 m,可分为12层。现将剖面地层层序从上到下简述如下(图2)。

(1)琵琶海剖面:为干海组(Qh'g)上部地层实测剖面(图2-a),地理坐标为N38°51.268'、E112°12.427',海拔1758 m。实测地层剖面厚度为1.4 m。其中干海组地层厚度为1.2 m,可分

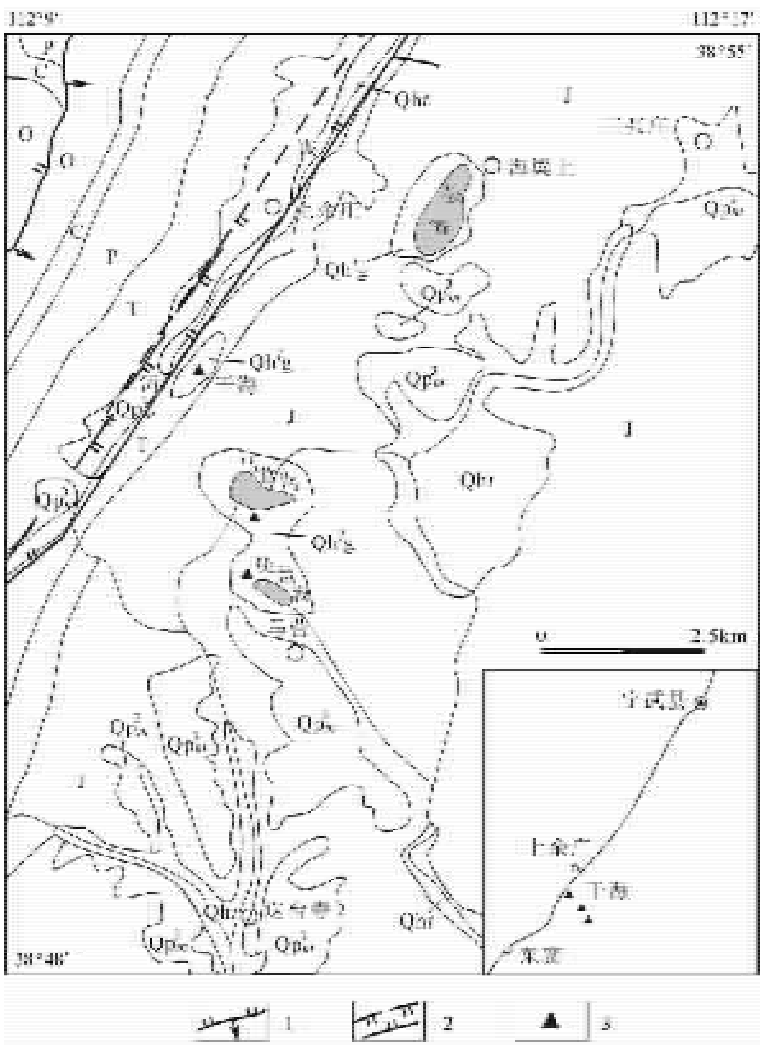


图1 山西宁武高山湖泊区地质简图

Fig.1 Geological sketch map of the mountain lake district ,
Ningwu, Shanxi
Qh'g/Qht—全新统干海组/全新统沱阳组 Xp³m—上更新统马兰组;
J—侏罗系 P—二叠系 T—三叠系 C—石炭系 O—奥陶系;
1—逆断层 2—裂谷 3—干海组剖面测量点

- 为3层。
- | | |
|----------------------------|-------|
| ①现代土壤 | 20 cm |
| ②棕红色砂层为主,夹厚0.5~1 cm的浅灰色淤泥层 | 60 cm |
| ③棕红色细砂层,夹厚2~3 cm的淤泥层 | 35 cm |
| ④灰黑色淤泥层,含草根和少量炭屑 | 25 cm |
- (2)天池剖面:为干海组(Qh'g)中上部地层实测剖面(图2-b),地理坐标为N38°51.845'、E112°12.577',海拔1771 m。实测地层剖面厚度为1.05 m,可分为4层。
- | | |
|---------------|-------|
| ①棕红色细砂层 | 20 cm |
| ②青灰、黄等杂色粘土淤泥层 | 50 cm |

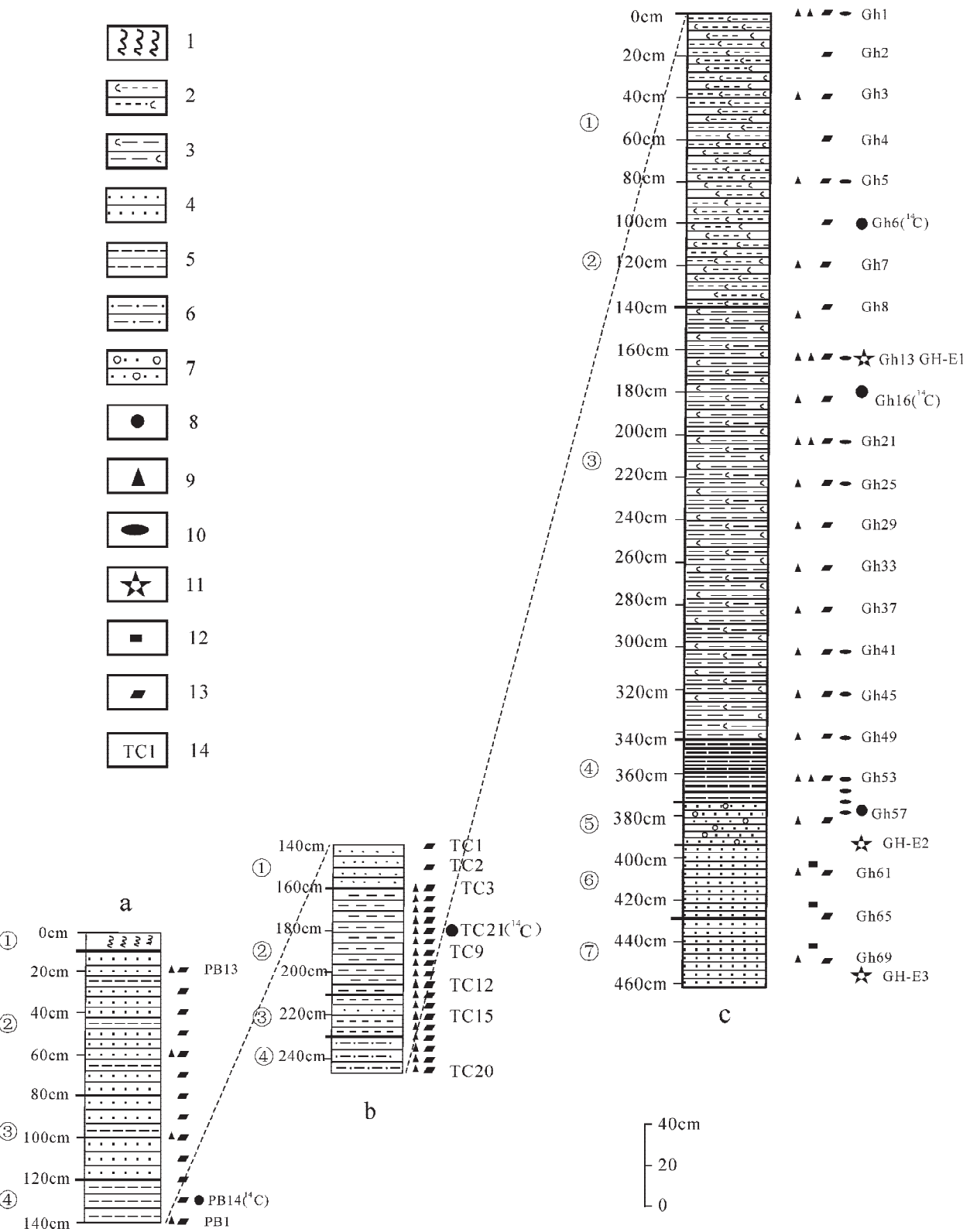


图2 干海组湖相沉积实测剖面

Fig.2 Stratigraphic section of lacustrine sediments of the Ganhai Formation

a—琵琶海(PB)剖面 b—天池(TC)剖面 c—干海(Gh)剖面 1—表土 2—草炭 3—泥炭 4—砂 5—粘土 6—亚粘土 ;
7—砂砾石 8— ^{14}C 样品 9—孢粉 10—介形类 11—ESR样品 12—易溶盐 13—磁化率、粒度和碳酸盐 14—样品编号

③杂色粘土夹厚2~4 cm的红色、棕红色砂层	20 cm	①灰褐色草炭层,含介形及孢粉化石	1 m
④青灰色、褐色、棕色亚粘土层	15 cm	②深灰黑色草炭层,含孢粉化石	0.4 m
(3)干海剖面:为干海组(Qh ^g)中下部地层实测剖面(图2-c)。地理坐标为N38°53.1'、E112°11.630',海拔1854 m。实测地层剖面厚度为4.61 m。其中干海组地层厚度为3.96 m,可分为5层。		③黑色泥炭层,含介形及孢粉化石	2.06 m
干海组(Qh ^g)		④灰褐色粘土层,含螺、介形及孢粉化石	0.3 m
(未见顶)		⑤黑褐色、黄绿色砂砾石层	0.2 m
		----- 平行不整合 -----	
		上更新统(Qp ^{3u})	
		⑥黄绿色砂层,含孢粉化石	0.35 m

表1 干海组多重地层划分对比

Table 1 Multiple stratigraphic division and correlation of the Ganhai Formation

岩石地层			生物地层		年代地层		层序地层		沉积体系	
统	组	柱状图 厚度/cm 岩性	介形虫化石	孢粉	¹⁴ C/a	ESR/ 10ka	准层序组	体系域	沉积环境	沉积相
全新世	干海组	10 现代草皮土壤			—260 ±60			退	湖泊 扩张 体系域	浅湖 亚相
		60 棕红色砂层夹厚0.5~10cm的薄层浅灰色淤泥								
		35 棕红色细粒砂层夹厚2~3cm的淤泥								
		25 灰黑色淤泥含草皮和炭屑								
		20 棕红色细砂层								
		50 青灰、黄等杂色粘土淤泥层		孢粉带A: (样号PB1~4、TC1~6) 孢粉丰富以草本为主,有蒿、藜科等,其次有乔木松、桦、栎、柳、黄麻等	—1880 ±70			积	湖	相
		20 杂色粘土夹砂层								
		15 杂色亚粘土								
		100 灰褐色草炭层	<i>Cypria luminosa</i> Bojie <i>Leucocytherella trinoda</i> Huang <i>L. Kunlunensis</i> Pang	孢粉带B: (样号TC17~20、Gh1~17) 孢粉丰富,乔木植物花粉为主,有松及桦、榉等落叶阔叶成分。其次是草本植物花粉占20%~30%	—4150			进	湖泊 收缩 体系域	沼泽 — 浅湖 亚相
		40 深灰黑色草炭层								
		206 黑色泥炭层	<i>Limnocytherellina trispinosa</i> Pang <i>Leucocytherella trinoda</i> Huang <i>Leucocythere gongheensis</i> Huang <i>Darwinula stevensoni</i> (Brady et Robregtson) <i>L. Kunlunensis</i> Pang							
		30 灰褐色粘土层含破碎的螺化石	<i>Cypria luminosa</i> Bojie <i>Candoniella suzini</i> Schneider <i>Cyclocypris serena</i> (Koch) <i>Leucocytherella trinoda</i> Huang <i>Limnocythere dubiosa</i> Daday <i>Cypris subglobosa</i> (Sowerby)							
		20 黑褐色、黄绿色砂砾石层	<i>Cypris luminosa</i> Bojie <i>Cypris subglobosa</i> (Sowerby)							
上更新统	Qp ^{3u}	35 黄绿色砂层		孢粉带D: (样号: Gh53~69) 孢粉丰富,以草本植物花粉为主,有时乔木植物花粉占优势,与带A有可比较之处	—12980 ±130	—0.9±0.3		加	浅湖	亚相
		30 土黄色中细粒砂层								
						—3.1±0.3		积		

⑦土黄色中细砂层 ,含孢粉化石
(未见底)

1.4 全新统干海组(Qh¹g)层序地层划分

从全新统干海组层序地层(表 1)可知 ,在晚更新世末期 ,山西宁武高山区的天池湖群一带 ,如马营海、琵琶海、公海、干海等湖泊 ,开始转入湖泊收缩体系域 ,其准层序组由加积转入进积。尤其是进入全新世后 ,湖泊沉积环境由滨浅湖快速改变为湖沼环境。在全新统底部出现砂砾石堆积 ,其上出现粘土、泥炭、草炭等沼泽相堆积。自晚更新世末期—全新世早、中期 ,以干海为代表的古湖泊表现为浅湖→滨湖→沼泽的演化趋势 ,反映出干海等古湖泊从茂盛走向消亡^[5]。

天池湖群所处的宁(武)—静(乐)盆地 ,在工作区内又称为凤凰村—化北屯盆地^[1]。在全新世中晚期 ,大约由 4150 a 开始 ,该盆地中心部位开始沉降 ,同时沉降中心有由北向南迁移的趋势。此时 ,马营海、琵琶海等南部的湖泊又转入湖泊扩张体系域 ,其准层序组由进积转入退积 ,沉积环境由沼泽转变为浅湖环境。此时湖泊进水缓慢、水体平静 ,所以全新世中晚期在天池(马营海)、琵琶海一带沉积了亚粘土、粘土层及中细砂层。

处于天池湖群北部高海拔部位的干海 ,在全新世中期 ,即大约 4200 a 之前 ,进入沼泽化并逐渐封闭而消亡 ,因此在沼泽相草炭层之上再未接受沉积。而南部的天池、琵琶海等 ,大约在 4200 a 之后的全新世中晚期 ,又经历了新一轮湖泊扩张期的水进阶段 ,恢复了浅湖相沉积环境 ,直至今今仍在接受湖相沉积 ,只是湖泊范围在逐渐缩小 ,进入进积沉积层序。

2 生物地层特征与时代讨论

2.1 生物地层特征

对宁武高山湖泊区沿湖岸采集的湖相沉积样品 ,做了 45 个样品的孢粉分析(其中干海剖面 23 个、天池剖面 18 个、琵琶海剖面 4 个)和 13 个样品的介形类鉴定。现将其相关特征简述如下。

2.1.1 孢粉分析

孢粉组合分析结果(董国榜鉴定 ,2004)表明 ,剖面上部和下部均以草本植物花粉为主 ,乔木植物次之 ;而剖面中部却以乔木植物花粉为主 ,草本植物次之(表 1)。其植物成分为喜暖蕨类和耐旱草本 ,蕨类孢子可达 30% 左右 ,以凤尾蕨(*Peridium*)、石韦(*Pyrrosia*)和瓦韦(*Lepisorus*)为主 ;草本花粉总数可达花粉总量的半数以上 ,以藜科(*Chenopodiaceae*)和菊科(*Compositae*)为主 ,并常有大量麻黄(*Ephedra*)伴生 ;乔木植物有松、桦、栎、榆等。这表现出当时的植物群特点既含有热带植物的残留成分 ,又有向高寒干旱方向发展的趋势 ,代表着温暖湿润向寒冷潮湿和干旱

的气候变化过程^[6]。
孢粉综合研究成果将另文发表 ,本文仅根据阶段性成果 ,推断其形成时代大体相当于全新世大暖期^[7-9]。

2.1.2 介形类鉴定

在干海剖面首次采集到螺和大量介形虫、轮藻化石(表 1、表 2)。介形类鉴定结果(田国强鉴定 ,2004)表明 ,剖面中见有介形虫化石共计 9 属 10 种 ,化石丰富 ,分异度均较低。其中 ,轮藻化石含量丰富 ,轮藻化石一般是指轮藻植物藏卵器化石 ,而不是指整个轮藻植物体。

在地层剖面中介形虫化石亮球星介 *Cyclocypris serena* (Koch)、疑湖花介 *Limnocythere dubiosa* Daday 是含量最多的 2 个种(表 2)。*Cyclocypris serena* (Koch) 是挪威和俄罗斯湖泊及池沼等水域中的现生种。在中国青藏高原的唐古拉山^[10]、青海柴达木甘森地区更新统和青海湖西岸布哈河全新统中均有分布 ,青海湖湖滨沼泽等水域中也见有现生种。*Limnocythere dubiosa* Daday 为俄罗斯湖泊中的现生种 ,在青海湖中该种也很繁盛 ,其化石在青海湖区中—上更新统二郎尖组、全新统布哈河组和柴达木甘森地区更新统中均有分布 ,在河北平原、蔚县及北京延庆等地的泥河湾组和更新统的地层中均有分布。

在地层剖面中介形虫化石含量最少的种为史代达尔介 *Darwinula stevensoni* (Brady et Robertson) 和苏氏小玻璃介 *Candoniella suzini* Schneider 两种(表 2)。*Darwinula stevensoni*

表 2 干海地层剖面介形虫化石属种数量
Table 2 Quantities of genera and species of fossil ostracods in the Ganhai section

样 品 号	<i>Candoniella suzini</i> Schneider	<i>Cyclocypris serena</i> (Koch)	<i>Cypridulmucosa</i> Bojje	<i>Cypris subgohsa</i> (Sowerby)	<i>Darwinula stevensoni</i> (Brady et Robertson)	<i>Leucocythere gongheensis</i> Huang	<i>Leucocytherella trinoda</i> Huang	<i>Limnocytherellina trispinosa</i> Pang	<i>L. kunlunensis</i> Pang	<i>Limnocythere dubiosa</i> Daday	轮 藻 化 石
Gh1			3				3				O
Gh5			1				1		1		
Gh13								2			O
Gh21							1				
Gh25						3					
Gh41					1						O
Gh45			2				2		1		
Gh49											
Gh53	1	9					1			16	◎
Gh54		18		3						13	◎
Gh55		4									◎
Gh56			2	1							◎

注 :图中 O 表示 5~10 枚 ;◎ 表示 20~30 枚

(Brady er Robertson)在欧洲(挪威、德国)为现生种,亦见于尼德兰全新统,在俄罗斯该种化石见于上新统,在中国青海上新统、云南元谋下更新统、云南洱海表层沉积物中亦有发现。*Candoniella suzini* Schneider最早见于北外高加索格隆斯涅地区上新世阿克恰格尔阶,在中国分布甚为广泛,如河南、山东新近系—第四系,北京平原更新统的泥河湾组、马兰组,云南元谋下更新统元谋组和青海湖西岸布哈河全新统中均有分布。其他属种明亮丽星介*Cypria luminosa* Bojie、三瘤小白花介*Leucocytherella trinoda* Huang、昆仑小湖花介*Limnocytherellina kunlunensis* Pang、三刺小湖花介*L. tripinosa* Pang、共和白花介*Leucocyther gongheensis* Huang、近圆球金星介*Cypris subglobsa* (Sowerby),大多数在中国西部新近纪—第四纪地层中发现^[11,12]。在此不一一赘述。

2.2 生物地层的时代划分

干海地层剖面中的介形虫化石皆显示乳白色半透明状的特征,明显反映化石的石化程度较低,与此相应的*Cyclocypris sevend*(Koch)和*Limnocythere dubiosa* Daday两种化石在地层剖面下部出现数量最多,且皆为现生种,故推测干海剖面地层的时代为晚更新世—全新世。这一化石组合显示,新建的干海组时代应属全新世。

孢粉分析表明,干海组剖面自上而下可分为4个孢粉带(表1)。

孢粉带A(样号:PB1~4,TC1~6):孢粉丰富,以草本为主,有蒿、藜科等,其次有乔木的松、桦、栎、柳、黄麻等。

孢粉带B(样号:TC17~20,Gh1~17):孢粉丰富,乔木植物为主,有松及桦、栎等落叶阔叶成分,其次是草本植物花粉,占20%~30%。

孢粉带C(样号:Gh33~49):以草本植物为主,如蒿科,其次是木本植物,以松、桦、榆、栎、椴等为主。

孢粉带D(样号:Gh53~69):孢粉丰富,以草本植物花粉为主,乔木植物花粉偶占优势,与带B类似。

因此,孢粉带A、B、C可能相当于中晚全新世,气候温暖,适宜落叶阔叶树繁衍;孢粉带D可能为早全新世或晚更新世

末期。

3 湖相沉积的年代地层

采用¹⁴C法、ESR法2种测年方法,确定了宁武高山湖泊区湖相沉积的形成时代。

3.1 ¹⁴C法年龄测定

5个¹⁴C样品分别采自干海剖面的上、中、下部位,为湖(沼)相泥炭和淤泥。获得的¹⁴C测年结果为10950~260 aBP。因此,可以确定干海组湖相沉积的形成时代为全新世以来(表3)。同时,采用Stuiver^[13]树轮校正曲线对部分测定的C年龄进行了校正(表3中最后一列),树轮校正结果为12980~7570 calaBP,其校正的幅度在9%~18%之间,除1个样品(12980±130 calaBP)年龄值偏大外,其余2个样品的年龄值均在全新世时段。

3.2 ESR法测年

在干海湖相地层剖面采集了3个ESR测年样品,由成都理工大学ESR实验室测定。年剂量和铀当量含量用KJD-200N低本底伽马仪和微机数据采集系统测试。测试结果表明(表4),干海剖面中部的ESR年龄为(8±1)ka、下部为(9±3)ka、底部为(31±3)ka。由此看来,干海剖面第5层(砂砾石层)~1层(草炭层)时代为全新世,7~6层时代为晚更新世晚期。

3.3 年代地层划分

干海组底部砂砾石层中¹⁴C数据(Gh-56),经树轮校正后年龄为12980±130 aBP。这个年龄值虽然较国内地层表全新世底限(10000~11000 a)稍偏老,但仍为建立地层单位提供了年代依据。另外,4个样品的¹⁴C测年结果为7840~260 aBP,其中2个样品的¹⁴C测年结果经树轮校正以后为8600~7570 calaBP,均属于全新世时段。

ESR测年结果表明,干海组下部的形成时代介于(9±3~8±1)ka之间。若按前人得出的ESR年龄比实际年龄偏老10%的结论^[14-17]计算,干海组剖面中部的年龄为8.8 ka,底界年龄为9.9ka,也属于全新世时段。

因此,宁武高山湖泊区湖相沉积形成的时间为全新世,

表3 干海剖面样品¹⁴C年代测定结果
Table 3 ¹⁴C dating of samples from the Ganhai section

实验室 编号	野外 编号	测量 文件号	样品 物质	采样 部位	距今年代 /a B P	树轮校正年龄 /cal a B P
BA03306	BP-14		淤泥	上部	260±60	未作
BA03307	TC-21		淤泥	上部	1880±70	未作
CG-5094	Gh-6	05095	泥炭	中部	6700±80	7570±70
CG-5095	Gh-16	05095	泥炭	中部	7840±80	8600±130
CG-5096	Gh-56	05095	泥炭	底部	10950±150	12980±130

注:中国地震局地质研究所¹⁴C实验室尹金辉测定,¹⁴C半衰期采用5568年,起始计年为1950年,液闪仪器型号Quantulus-122(LKVB)

由全新统干海组(Qh¹g)组成。

4 干海组建组的理由

2003—2005年,笔者在山西宁武凤凰村—化北屯盆地进行野外地质调查时,对第四系沉积物的地层接触关系、地层层序、沉积体系、古生物资料、地层测年等方面均有新的发现,认为盆地内第四纪地层应进行新的划分和厘定。

4.1 前人工作简介

在邻区,有研究者对第四纪沉积地层进行过初步划分^[18]。但本区内前人对第四系全新统地层仅有冲洪积物的划分(表 5),且沉积类型较单一。

4.2 干海组(Qh¹g)建立的理由

干海组是本项目组通过野外工作和室内资料整理后新建的一个地层单位,建组理由如下。

4.2.1 湖沼相沉积类型的首次发现

在干海剖面地层中所见介形虫化石为丽星介属 *Cypria*、达尔文介属 *Darwinula*、小玻璃介属 *Candoniella*、球星介属 *Cyclocypris*、金星介属 *Cypris*,能够在不同水域中生活。小白花介属 *Leucocytherella*、小湖花介属 *Limnocytherellina*、白花介属 *Leucocythere*、湖花介属 *Limnocythere* 为典型的湖相属,史氏达尔文介 *Darwinula stevensoni* (Brady et Robertson) 为一典型的湖相种。据表 2 中各层位介形虫化石的出现和丰富的轮藻植物化石在多数层位中出现,显然当时的干海是一个湖水不深、水体变化不大的湖泊—沼泽沉积环境^[11]。

干海整个地层剖面所见介形虫化石全部以单瓣壳体保存,这种保存化石的特点可能是沉积速度缓慢所致,介形虫

死亡后沉积到湖底,但并未迅速地被泥沙沉积物埋藏,介形虫软体部分逐渐腐烂,则两壳自行张开,并逐渐分离,以后被缓慢的沉积物埋藏。如果沉积速度快,两壳尚未张开就被沉积物埋藏,则壳体多完整^[19]。因此,从介形虫化石保存的特点分析,当时湖盆的沉积速度比较缓慢,湖盆已进入湖泊—沼泽期。

在干海剖面之上的天池剖面和琵琶海剖面中,同样也含较丰富的介形类化石,特征与干海剖面相似,均指示其生存条件为静水湖泊环境。

前人对第四系全新统仅有冲洪积和现代河床堆积的划分^[1],从未涉及到湖相、沼泽相等沉积类型。笔者在野外工作时,通过浅井挖掘,在天池湖泊群一带发现了厚度大于 6 m 的以草炭、泥炭和粘土、砂层为主的湖沼相沉积物,这套沉积物的发现为本区干海组的建立提供了重要依据。

4.2.2 平行不整合关系的初步确立

干海剖面底部泥炭层之下有厚 20 cm 的黑褐色、黄绿色砂砾石层。砾石含量 60%~70%,砾径 1~3 cm,呈棱角状,成分以石英砂岩为主。下伏地层为黄绿色砂层,厚 35 cm。二者岩性突变,砂砾石层是剖面上唯一的棱角状粗碎屑堆积,可视作为经过一次间断后的快速堆积,即湖泊收缩、沼泽化的界线。该砂砾石层可作为全新统湖沼相地层的底砾层,与下伏砂层呈平行不整合接触。下伏地层为上更新统湖积层,其 ESR 年龄大于 (31±3) ka,故初步确定该平行不整合面之上的沉积为全新统干海组。

5 第四系全新统干海组的建立及意义

5.1 干海组(Qh¹g)名称来源及地层类别

笔者于 2003 年在宁武县南、马营海北部首先发现了这套具底砾层、含丰富介形虫和轮藻化石的泥炭和草炭地层。所以,采用“干海”这一名称来命名新建的地层单位。

干海组是凤凰村—化北屯盆地内的一个地方性地层名称,隶属于阶一级的岩层组,即新生界、第四系、全新统干海组(Qh¹g)。

5.2 干海组(Qh¹g)的定义

笔者将其定义为湖水作用下形成的灰色、灰黑色、灰黄色、土黄色湖沼相沉积物,位于上更新统湖相地层(黄绿色砂层)之上,含有丰富的孢粉、介形类和轮藻化石,地层为 10950 a 以来的砂砾石层—粘土层—泥炭层—草炭层—粘土层—细砂层。以干海、天池、琵琶海等沿岸出露的湖沼相沉积物为代表,形成时代属全新世,其特征如前文所述(表 1)。因此,根据干海组实测第四系湖沼相地层剖面、同位素测年、孢粉分析等资料,并结合沉积相、岩相组合等特征,将该套湖沼相地层命名为干海组(Qh¹g)。

山西宁武高山湖泊相沉积全新世干海组的建立,为研究

表 4 干海剖面样品 ESR 年代测定结果

Table 4 ESR of samples from the Ganhai section

野外编号	采样部位	测年矿物	年龄/ka
GH-E1	3层顶部	石英	8±1
GH-E2	5层底部	石英	9±1
GH-E3	7层底部	石英	31±3

注:成都理工大学 ESR 实验室梁兴中测定;用钴 60 附加剂量法测定;德国 ER-200D-SRC 型电子自旋共振仪

表 5 本区前人对全新统的划分^{①②}

Table 5 Previous stratigraphic division of the Holocene in the study area

全新统	沱阳组(Qhr)	现代河床、河漫滩砂砾石堆积, >25m
	选仁组(Qhr)	I 级价地砂砾石、粉砂土堆积, 4~6m
更新统	方村组(Q ³ pf)	冲洪积扇砂砾石堆积, 10m

① 山西省地质局.1:20万地质图说明书(J-49-XI原平幅).1972.
② 山西省区域地质调查队.1:25万岢岚幅区域地质调查报告.2004.

华北地区的高山湖泊演化、气候与环境变化、古地理变迁、第四系地层划分与对比等提供了新的证据。

致谢 :在野外工作期间得到山西省宋北杉副省长、宁武县金熙军县长、张林县长、县人大尹怀玉副主任等同志的热情帮助和全力支持,在调查研究工作中还得到韩同林、钱方、孙立蓓、马天林、王建平研究员的具体指导,在此一并表示衷心的感谢。

参考文献 :

- [1] 山西省地质矿产局. 山西省区域地质志[M]. 北京 :地质出版社 , 1989.237-266.
- [2] 刘东生, 施雅风, 王汝建, 等. 以气候变化为标志的中国第四纪地层对比表[J]. 第四纪研究, 2000, 20(2) :108-128.
- [3] 于革, 薛滨, 刘健, 等. 中国湖泊演变与古气候动力学研究[M]. 北京 :气象出版社, 2001.1-11.
- [4] 曹伯勋. 地貌学及第四纪地质学[M]. 武汉 :中国地质大学出版社 , 1995.47-81.
- [5] 金相灿. 中国湖泊环境[M]. 北京 :海洋出版社, 1995.1-124.
- [6] 董国榜, 张俊牌, 范淑贤. 中国4Ma以来孢粉植物群与环境演变的趋势[A]. 见 :黄土第四纪地质与全球变化, 第四集[C]. 北京 :科学出版社, 1996.32-45.
- [7] 施雅风, 孔昭宸. 中国全新世暖期气候与环境[M]. 北京 :海洋出版社, 1992.1-18.
- [8] 黄锡璇, 梁玉莲. 藏北高原北部地区湖相沉积的孢粉分析[A]. 见 :西藏第四纪地质[C]. 北京 :科学出版社, 1983.167-171.
- [9] 宋之琛. 云南昭通晚新生代孢粉植物群[J]. 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 1998, 24 :1-45.
- [10] 庞其清. 青藏高原唐古拉山晚新生代介形虫化石及其地质意义[A]. 见 :青藏高原地质文集(4)[C]. 北京 :地质出版社, 1982.166-175.
- [11] 王强. 察尔汗盐湖的突然形成与地表系统巨变——据介形类研究[J]. 地质力学学报, 1998, 4(4) :82-87.
- [12] 黄宝仁, 杨恒仁, 尤坤元. 西藏南部和西南部上新世及第四纪介形类 [A]. 见 :西藏古生物(第10分册)[C]. 北京 :地质出版社, 1982.326-348.
- [13] Stuive M. A high-precision calibration of the AD radiocarbon time scale[J]. Radiocarbon, 1982, 24(1) :1-26.
- [14] Bluszcz A, Goslar T, Hercman H. Comparison of TL, ESR and ^{14}C dates of speleothems[J]. Quaternary Science Reviews, 1988, 7 :417-421.
- [15] Ye Y G, Diao S B, He J, et al. ESR dating studies of palaeo-debris-flow deposition Dongchuan, Yunnan Province, China[J]. Quaternary Geochronology, 1998, 17 :1073-1076.
- [16] 史正涛, 业渝光, 赵志军, 等. 酒西盆地晚新生代地层的ESR年代[J]. 中国科学(D辑), 2001, 31(增刊) :163-168.
- [17] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏阿伊拉日居山南麓第四纪冰川沉积物及其ESR年龄测定[J]. 冰川冻土, 2005, 27(2) :194-198.
- [18] 闵隆瑞, 迟振卿, 朱关祥. 从井儿洼孔岩心看阳原盆地第四纪湖相层的划分[J]. 地质学报, 2000, 74(2) :108-115.
- [19] 李元芳, 张青松, 李炳元, 等. 西藏班公湖地区晚更新世晚期介形类及其古地理意义[J]. 微体古生物学报, 1991, 18(1) :247-253.